

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2001-203099
(P2001-203099A)

(43) 公開日 平成13年7月27日 (2001.7.27)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テームコード [*] (参考)
H 0 5 H 1/46		H 0 5 H 1/46	B 5 F 0 0 4 L 5 F 0 4 5
H 0 1 L 21/3065		H 0 1 L 21/31	C
// H 0 1 L 21/31		21/302	B

審査請求 未請求 請求項の数18 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2000-12269 (P2000-12269)

(22) 出願日 平成12年1月20日 (2000.1.20)

(71) 出願人 591035209

ワイエイシー株式会社

東京都昭島市武蔵野3丁目11番10号

(72) 発明者 野口 武史

東京都国立市谷保992 株式会社プラズマ
システム内

(74) 代理人 100064908

弁理士 志賀 正武 (外1名)

Fターム(参考) 5F004 AA01 BA20 BB11 BB14 BC08

BD01 BD04 CA09

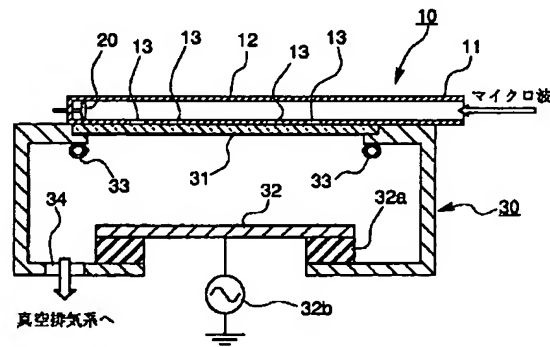
5F045 AA09 BB02 EH11 EH19

(54) 【発明の名称】 プラズマ生成装置およびプラズマ処理装置

(57) 【要約】

【課題】 スロットアンテナを利用したマイクロ波放電においては、スロットアンテナの形成位置に制約があるため、所望のプラズマ分布を得ることができなかった。

【解決手段】 マイクロ波を伝送する導波管11と、複数のスロットアンテナ13が形成されている放射用導波管12と、誘電体窓31を介してスロットアンテナ13からの電磁放射を受けるよう構成された放電チャンバ30と、を具備してなるプラズマ生成装置であって、スロットアンテナ13の近傍における放射用導波管12の寸法を局所的に変化させ、これにより、放射用導波管12内におけるマイクロ波の波長を局所的に変化させて、スロットアンテナ13から放電チャンバ30に向けて放射される電磁放射の強度分布を制御可能とした。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 マイクロ波発振器より発振されたマイクロ波を伝送する導波管と、この導波管に対して接続されるとともに複数のスロットアンテナが形成されている放射用導波管と、この放射用導波管が誘電体窓を介して連結されていて前記スロットアンテナからの電磁放射を受けるよう構成された放電チャンバと、を具備してなるプラズマ生成装置であって、

前記スロットアンテナの近傍における前記放射用導波管の寸法を局所的に変化させ、これにより、前記放射用導波管内における前記マイクロ波の波長を局所的に変化させて、前記スロットアンテナから前記放電チャンバに向けて放射される電磁放射の強度分布を制御可能としたことを特徴とするプラズマ生成装置。

【請求項2】 請求項1記載のプラズマ生成装置において、

前記マイクロ波の周波数が、1GHz～50GHzであることを特徴とするプラズマ生成装置。

【請求項3】 請求項1または2記載のプラズマ生成装置において、

前記スロットアンテナの内周長さが、前記マイクロ波の自由空間波長にほぼ等しいことを特徴とするプラズマ生成装置。

【請求項4】 請求項1～3のいずれかに記載のプラズマ生成装置において、

前記スロットアンテナが、前記放射用導波管内のマイクロ波伝送方向に対して所定角度を有して配置されていることを特徴とするプラズマ生成装置。

【請求項5】 請求項1～3のいずれかに記載のプラズマ生成装置において、

前記スロットアンテナが、前記放射用導波管内のマイクロ波伝送方向に対してほぼ直角に配置されていることを特徴とするプラズマ生成装置。

【請求項6】 請求項1～5のいずれかに記載のプラズマ生成装置において、

前記放射用導波管内の高さまたは幅が、調節可能となっていることを特徴とするプラズマ生成装置。

【請求項7】 請求項6記載のプラズマ生成装置において、

前記放射用導波管が矩形導波管であり、前記スロットアンテナが配置されている近傍の幅が、調節可能となっていることを特徴とするプラズマ生成装置。

【請求項8】 請求項1～5のいずれかに記載のプラズマ生成装置において、

前記放射用導波管内の高さまたは幅が、マイクロ波伝送方向において漸次的に変化していることを特徴とするプラズマ生成装置。

【請求項9】 請求項8記載のプラズマ生成装置において、

前記放射用導波管が矩形導波管であり、前記スロットア

ンテナが配置されている近傍の幅が、マイクロ波伝送方向において漸次的に変化していることを特徴とするプラズマ生成装置。

【請求項10】 請求項8記載のプラズマ生成装置において、

前記放射用導波管内の高さまたは幅が、マイクロ波伝送方向において漸次的に変化しており、その変化率を調整可能としたことを特徴とするプラズマ生成装置。

【請求項11】 請求項10記載のプラズマ生成装置において、

前記放射用導波管が矩形導波管であり、前記スロットアンテナが配置されている近傍の幅が、マイクロ波伝送方向において漸次的に変化しており、その変化率を調整可能としたことを特徴とするプラズマ生成装置。

【請求項12】 請求項1～11のいずれかに記載のプラズマ生成装置において、

導電体板からなるブランジャーが、前記放射用導波管の終端部に、前記放射用導波管内のマイクロ波伝送方向に対して移動可能に設置されており、このブランジャーの電位は、前記放射用導波管の電位に等しいことを特徴とするプラズマ生成装置。

【請求項13】 請求項1～12のいずれかに記載のプラズマ生成装置において、

1つの前記導波管に対して、複数の前記放射用導波管が接続されていることを特徴とするプラズマ生成装置。

【請求項14】 請求項13記載のプラズマ生成装置において、

導電体板からなるブランジャーが、前記複数の放射用導波管の各終端部に、前記各放射用導波管内のマイクロ波伝送方向に対して移動可能に設置されており、各ブランジャーの電位は、それぞれの前記放射用導波管の電位に等しいことを特徴とするプラズマ生成装置。

【請求項15】 プラズマ処理装置であって、

請求項1～14のいずれかに記載されているプラズマ生成装置を具備することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項16】 請求項15記載のプラズマ処理装置において、

前記放電チャンバ内に、前記誘電体窓に対向して、被処理物を載置するための被処理物台が設置され、この被処理物台に交流電圧を印加可能としたことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項17】 請求項15記載のプラズマ処理装置において、

前記放電チャンバ内に、前記誘電体窓に対向して、被処理物を載置するための被処理物台が設置され、この被処理物台に直流電圧を印加可能としたことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項18】 請求項16または17記載のプラズマ処理装置において、

前記被処理物台に、被処理物の温度を制御するための温

度制御機構を設けたことを特徴とするプラズマ処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体デバイスや液晶ディスプレイ等の製造工程においてあるいは他の任意の微細加工工程において使用されるような例えばエッチングやアッシングやデポジションや表面改質や表面クリーニングといったような各種処理において好適に利用可能であるようなプラズマを生成し得るプラズマ生成装置に関するものである。また、本発明は、このようなプラズマ生成装置を具備してなるプラズマ処理装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】半導体デバイスや液晶ディスプレイ等の製造工程あるいは他の任意の微細加工工程においては、例えば、エッチング、アッシング、デポジション、表面改質、表面クリーニング等の処理を行うために、減圧下でプラズマを発生させて基板を処理する各種のプラズマ処理が広く行われている。

【0003】プラズマ放電としては、様々な原理に基づくものが知られており、なかでも、マイクロ波を用いたスロットアンテナ放射場を利用したプラズマ生成では、高密度プラズマを容易に生成できることは、広く知られている。特にマイクロ波帯の交流電磁場とスロットアンテナを利用した放電は、プラズマ生成メカニズムが表面波励起であることから、プラズマ密度分布の均一性が良いため注目されつつある。

【0004】この場合、図1(a)に示すように、プラズマ生成時点で均一な分布のプラズマが得られたにしても、拡散のために、鉛直方向に離間したウェーハ近傍に到達した時点においては、不均一なプラズマ分布となってしまう。

【0005】したがって、ウェーハ近傍において均一なプラズマ分布を得るためには、例えば図1(b)に示すようにプラズマ生成時点において中心部よりも周辺部の方がプラズマ密度の大きい言わば「両肩上がり」のプラズマ分布とする必要がある。

【0006】よって、スロットアンテナを使用したプラズマ形成に際して、上記のような特定の初期プラズマ分布を得ようとした場合、各スロットアンテナの分布を、所望のプラズマ密度分布に応じたものとするという手段が考えられる。つまり、スロットアンテナの分布に疎密をつけることで、初期プラズマ分布の疎密を制御するという手段が考えられる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】複数のスロットアンテナの配置は、原理的には、任意に行い得るものである。ところが、現実的には、スロットアンテナの形成位置には次のような制限がある。

【0008】つまり、導波管内を伝搬しているマイクロ波の振幅強度の小さな部分にスロットアンテナを形成してもこのスロットアンテナから放射される電磁場は弱いものである。一方、マイクロ波の振幅強度の大きな部分に形成されたスロットアンテナからは、大きな電磁場が放射される。よって、プラズマ生成効率を高めて高密度プラズマを得るためには、スロットアンテナは、振幅強度の大きな部分に形成される必要がある。定常波を典型例として説明するならば、半波長を隔てた位置ごとに振幅強度の大きな部分が現れる。このため、スロットアンテナは、実質的に半波長の整数倍間隔をなす位置にしか形成できないという制限を受ける。したがって、スロットアンテナ分布の設計によって所望の初期プラズマ分布を得ることは、事実上不可能であった。

【0009】本発明は、上記事情に鑑みてなされたもので、スロットアンテナを使用した場合に、プラズマ発生時点における初期プラズマ分布を所望に制御し得るようなプラズマ生成装置を提供することを目的とするものであり、また、このようなプラズマ生成装置を具備したプラズマ処理装置を提供することを目的とするものである。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、請求項1記載のプラズマ生成装置は、マイクロ波発振器より発振されたマイクロ波を伝送する導波管と、この導波管に対して接続されるとともに複数のスロットアンテナが形成されている放射用導波管と、この放射用導波管が誘電体窓を介して連結されていて前記スロットアンテナからの電磁放射を受けるよう構成された放電チャンバと、を具備してなるプラズマ生成装置であって、前記スロットアンテナの近傍における前記放射用導波管の寸法を局所的に変化させ、これにより、前記放射用導波管内における前記マイクロ波の波長を局所的に変化させて、前記スロットアンテナから前記放電チャンバに向けて放射される電磁放射の強度分布を制御可能としたことを特徴としている。請求項2記載のプラズマ生成装置は、請求項1記載のプラズマ生成装置において、前記マイクロ波の周波数が、1GHz～50GHzであることを特徴としている。請求項3記載のプラズマ生成装置は、請求項1または2記載のプラズマ生成装置において、前記スロットアンテナの内周長さが、前記マイクロ波の自由空間波長にほぼ等しいことを特徴としている。請求項4記載のプラズマ生成装置は、請求項1～3のいずれかに記載のプラズマ生成装置において、前記スロットアンテナが、前記放射用導波管内のマイクロ波伝送方向に対して所定角度を有して配置されていることを特徴としている。請求項5記載のプラズマ生成装置は、請求項1～3のいずれかに記載のプラズマ生成装置において、前記スロットアンテナが、前記放射用導波管内のマ

マイクロ波伝送方向に対してほぼ直角に配置されていることを特徴としている。請求項6記載のプラズマ生成装置は、請求項1～5のいずれかに記載のプラズマ生成装置において、前記放射用導波管内の高さまたは幅が、調節可能となっていることを特徴としている。請求項7記載のプラズマ生成装置は、請求項6記載のプラズマ生成装置において、前記放射用導波管が矩形導波管であり、前記スロットアンテナが配置されている近傍の幅が、調節可能となっていることを特徴としている。請求項8記載のプラズマ生成装置は、請求項1～5のいずれかに記載のプラズマ生成装置において、前記放射用導波管内の高さまたは幅が、マイクロ波伝送方向において漸次的に変化していることを特徴としている。請求項9記載のプラズマ生成装置は、請求項8記載のプラズマ生成装置において、前記放射用導波管が矩形導波管であり、前記スロットアンテナが配置されている近傍の幅が、マイクロ波伝送方向において漸次的に変化していることを特徴としている。請求項10記載のプラズマ生成装置は、請求項8記載のプラズマ生成装置において、前記放射用導波管内の高さまたは幅が、マイクロ波伝送方向において漸次的に変化しており、その変化率を調整可能としたことを特徴としている。請求項11記載のプラズマ生成装置は、請求項10記載のプラズマ生成装置において、前記放射用導波管が矩形導波管であり、前記スロットアンテナが配置されている近傍の幅が、マイクロ波伝送方向において漸次的に変化しており、その変化率を調整可能としたことを特徴としている。請求項12記載のプラズマ生成装置は、請求項1～11のいずれかに記載のプラズマ生成装置において、導電体板からなるブランジャーが、前記放射用導波管の終端部に、前記放射用導波管内のマイクロ波伝送方向に対して移動可能に設置されており、このブランジャーの電位は、前記放射用導波管の電位に等しいことを特徴としている。請求項13記載のプラズマ生成装置は、請求項1～12のいずれかに記載のプラズマ生成装置において、1つの前記導波管に対して、複数の前記放射用導波管が接続されていることを特徴としている。請求項14記載のプラズマ生成装置は、請求項13記載のプラズマ生成装置において、導電体板からなるブランジャーが、前記複数の放射用導波管の各終端部に、前記各放射用導波管内のマイクロ波伝送方向に対して移動可能に設置されており、各ブランジャーの電位は、それぞれの前記放射用導波管の電位に等しいことを特徴としている。請求項15記載のプラズマ処理装置は、請求項1～14のいずれかに記載されているプラズマ生成装置を具備することを特徴としている。請求項16記載のプラズマ処理装置は、請求項15記載のプラズマ処理装置において、前記放電チャンバ内に、前記誘電体窓に対向して、被処理物を載置するための被処理物台が設置され、この被処理物台に交流電圧を印加可能としたことを特徴としている。この場合、交流電圧として

は、用途や目的等に応じて、高周波交流電圧を使用することも低周波交流電圧を使用することもできる。請求項17記載のプラズマ処理装置は、請求項15記載のプラズマ処理装置において、前記放電チャンバ内に、前記誘電体窓に対向して、被処理物を載置するための被処理物台が設置され、この被処理物台に直流電圧を印加可能としたことを特徴としている。請求項18記載のプラズマ処理装置は、請求項16または17記載のプラズマ処理装置において、前記被処理物台に、被処理物の温度を制御するための温度制御機構を設けたことを特徴としている。

【0011】本発明の基本原理解について説明すると、本発明は、導波管内の管内伝搬波長が導波管寸法によって変化することを利用するものである。すなわち、導波管として図2(a)に示すような矩形導波管を例とすれば、この矩形導波管内を伝搬するTE₁₀モードの管内波長は、次式によって与えられる。

【数1】

$$\lambda_g = \frac{\lambda}{\sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{2a}\right)^2}}$$

【0012】よって、この場合には、矩形導波管の幅aによって管内波長 λ_g が変化することが示される(図2(b)参照)。

【0013】容易に類推されるように、矩形導波管の場合に限らず、一般的な任意形状の導波管において、導波管の寸法を局所的に変化させることによって、管内波長を局所的に変化させることができる。このようにして管内波長を変化させることにより、振幅強度の大きな部分を、導波管内において所望に移動させる(シフトさせる)ことができるようになる。

【0014】したがって、本発明においては、(i) ウェーハ近傍において所望の均一プラズマが得られるような理想的な初期プラズマ分布(例えば、図1(b)のような両肩上がりのプラズマ分布)を想定し、(ii) 想定した理想的初期プラズマ分布が得られるような分布でもってスロットアンテナを形成し、(iii) 導波管の寸法をスロットアンテナ近傍において局所的に適切に変化させる(この場合の局所的な寸法変化は、可変的なものとする)こともでき、また、固定的なものとすることもできる)。

【0015】これにより、管内波長を局所的に変化させて、スロットアンテナが形成されている位置へと、大振幅強度部分をシフトさせることができ、想定した通りの初期プラズマ分布を得ることができる。もちろん、この場合、プラズマ生成効率が最大であって、高密度なプラズマが得られる。

【0016】したがって、半波長の整数倍間隔というス

ロットアンテナ配置に際しての従来の制限にとらわれることなく、スロットアンテナを任意位置に形成したにしても、各スロットアンテナから実質的に最大効率でもって電磁放射を行わせることができ、任意のスロットアンテナ分布を使用して、所望の初期プラズマ分布を得ることができる。

【0017】上記においては、すべてのスロットアンテナから最大効率で電磁放射を行うことを例に挙げて説明したが、場合によっては、特定のスロットアンテナの放射効率を「意図的に」低いものとすることもできる。本発明の目的は、あくまでも、ウェーハ近傍において所望の均一プラズマが得られるような初期プラズマ分布を実現することであり、このようにして特定のスロットアンテナからの寄与を敢えて小さくすることで、所望の初期プラズマ分布に近づけるという方策をとることもできる。

【0018】

【発明の実施の形態】以下、本発明のプラズマ生成装置およびプラズマ処理装置の実施の形態について、図面を参照して説明する。

【0019】〔第1実施形態〕図3は、本発明のプラズマ処理装置の第1実施形態を示すもので、図において、プラズマ処理装置は、プラズマ生成装置10と、放電チャンバ30と、を具備して構成されている。

【0020】プラズマ生成装置10は、マイクロ波発振器（図示せず）と、導波管11と、放射用導波管12と、を備えて構成されている。

【0021】マイクロ波発振器（図示せず）としては、1GHz～50GHzの周波数のものが使用され、好ましくは、2.45GHzのものが使用される。

【0022】導波管11は、マイクロ波発振器より発振されたマイクロ波を伝送するためのものであって、矩形導波管や円形導波管や他の任意形状の導波管を使用することができ、好ましくは矩形導波管が使用される。

【0023】放射用導波管12は、導波管11に対して接続されている導波管であって、矩形導波管や円形導波管や他の任意形状の導波管を使用することができ、好ましくは矩形導波管が使用される。

【0024】放射用導波管12には、複数のスロットアンテナ13（図3においては4個のスロットアンテナ13）が形成されている。好ましくは、各スロットアンテナは、その内周長さが、使用されているマイクロ波の自由空間波長にほぼ等しいような矩形スロット形状のものとされており、放射用導波管12内のマイクロ波伝送方向に対してほぼ直角に形成されている。この場合、スロットアンテナ13は、放射用導波管12内のマイクロ波伝送方向に対して、直角に形成することに代えて、所定角度を有して形成することができる。つまり、スロットアンテナ13は、マイクロ波伝送方向に対して、平行以外の向きとされる。

【0025】放射用導波管12の構成につき、図4を参照して、さらに詳細に説明する。図4は、放射用導波管12として使用可能な様々な構成例を図示したものであって、放射用導波管12の高さ方向中央水平面から下方を見た平断面図であって、スロットアンテナ位置と管壁構造とを概念的に示している。

【0026】図4（a）においては、放電用導波管12の側壁14、15には、それぞれ、これら側壁14、15から、管の内方に向けて移動可能とされた可動壁16が設けられている。これら可動壁16を、管の内方に向けて移動させることによって、放射用導波管12内におけるマイクロ波の伝搬波長を、スロットアンテナ13が形成されている領域において所望に変化させることができる。

【0027】図4（b）においては、放電用導波管12の側壁14、15には、それぞれ、凹所14a、15aが形成されており、これら側壁14、15には、それぞれ、凹所14a、15a内へと収容移動可能であるようになつ管の内方に向けて突出移動可能であるように、移動可能とされた可動壁16が設けられている。図4

（a）の場合と同様に、これら可動壁16を、管の内方に向けて移動させることによって、放射用導波管12内におけるマイクロ波の伝搬波長を、スロットアンテナ13が形成されている領域において所望に変化させることができる。

【0028】図4（c）および図4（d）においては、放電用導波管12の側壁14、15は、マイクロ波伝送方向に関して下流側に向かうにつれて外方へと広がるような内壁17、18を有している。内壁17、18の構成により、放射用導波管12の幅が、マイクロ波の伝搬につれて漸次的に大きくなる。これにより、放射用導波管12内におけるマイクロ波の伝搬波長が、スロットアンテナ13が形成されている領域において変化することとなる。

【0029】なお、上記のような内壁17、18は、図4（c）に示すように、側壁14、15の厚さを漸次的に薄くすることによっても、図4（d）に示すように、側壁14、15の厚さを漸次的に厚くすることによっても、得ることができる。あるいは、図示していないものの、二重壁とすることもできる。

【0030】図4（e）においては、放電用導波管12の側壁14、15には、それぞれ、凹所14a、15aが形成されており、これら側壁14、15には、それぞれ、端部16aを支点として、凹所14a、15a内へと収容される向きにまた管の内方に向けて突出する向きに揺動可能とされた可動壁16が設けられている。この場合には、可動壁16を、揺動させることによって、放射用導波管12内におけるマイクロ波の伝搬波長を連続的に任意に変化させることができる。

【0031】図4（a）～図4（e）のいずれの構成例

においても、放射用導波管12の終端部には、導電体板からなるブランジャー20が、放射用導波管12内のマイクロ波伝送方向に対して移動可能に設置されている。このブランジャー20の電位は、放射用導波管12の電位に等しいものとされる。

【0032】さて、図3に戻って、放電チャンバ30の構成について説明する。

【0033】放電チャンバ30は、誘電体窓31と、被処理物台32と、ガス導入部33と、排気口34と、真空排気系（図示せず）と、を主に備えて構成されている。

【0034】放電チャンバ30には、放射用導波管12が誘電体窓31を介して、例えば上面に、連結されている。

【0035】誘電体窓31は、マイクロ波を損失なく透過させ得るものであって、スロットアンテナ13から放電チャンバ30内への電磁放射を可能とする。

【0036】被処理物台32は、被処理物（図示せず）を載置するためのものであって、放電チャンバ30内において誘電体窓31に対向して設置されている。被処理物台32は、絶縁体32aを介することによって、放電チャンバ30の壁に対して電気絶縁状態で連結されている。また、被処理物台32には、高周波交流電源32bが接続されていて、被処理物台32に対して高周波交流電圧を印加できるようになっている。この場合、高周波交流電圧を印加することに代えて、低周波交流電圧や直流電圧を印加可能とすることもできることは、もちろんである。

【0037】なお、図示例においては、被処理物台32が放電チャンバ30の底壁を構成する例を示したが、本発明は、これに限定されるものではなく、底壁とは別部材として構成された被処理物台を使用できることはもちろんである。

【0038】被処理物台32に、被処理物の温度を制御するための温度制御機構を設けることができる。このような温度制御機構は、静電気力を利用した被処理物の吸着機構（いわゆる、静電チャック）、および、熱伝導性ガスを被処理物と被処理物台32との間に流すか溜めるかする機構のうちの、一方または双方とすることができる。例えば、被処理物（図示せず）は、このような温度制御機構によって低温に維持することができる。

【0039】ガス導入部33は、放電チャンバ30内へのガス導入を行うためのものである。

【0040】排気口34は、真空排気系（図示せず）に接続されている。これにより、真空排気系の制御によって、放電チャンバ30の真空引きや減圧状態での維持といったような、放電チャンバ30の圧力制御を行うことができる。

【0041】〔第1実施形態の第1動作例〕次に、上記のように構成されたプラズマ処理装置の第1動作例につ

いて説明する。

【0042】まず最初に、被処理物（図示せず、典型的にはウェーハ）近傍において所望の均一プラズマが得られるような理想的な初期プラズマ分布（例えば、図1（b）のような両肩上がりのプラズマ分布）を想定し、そのような理想的初期プラズマ分布が得られるような分布でもって予めスロットアンテナが形成されているものとする。

【0043】ここで、スロットアンテナ13どうしの間の間隔は、マイクロ波の半波長の整数倍としなければならないという従来の制限にとらわれることなく、被処理物のサイズや装置サイズ等を勘案して自由に設定することができる。このことが、本発明の重要なポイントである。

【0044】そして、プラズマ形成に際して、図4に示した各種態様に応じて、放射用導波管12の幅寸法をスロットアンテナ13の近傍において局所的に適切に変化させる（この場合の局所的な寸法変化は、図4（a）、（b）、（e）のように可変的なものであっても、また、図4（c）、（d）のように固定的なものであっても良い）。

【0045】これにより、管内波長が局所的に変化することとなり、スロットアンテナ13が形成されている位置へと、伝搬マイクロ波の大振幅強度部分をシフトさせることができ、各スロットアンテナ13からの放射強度を最大として、想定した通りの初期プラズマ分布を得ることができる。

【0046】この第1実施形態においては、スロットアンテナ13の内周長さが、使用されているマイクロ波の自由空間波長にほぼ等しくされていることにより、スロットアンテナ幅が実質的に十分に小さなものであれば、スロットアンテナをなす矩形スロットの長辺の長さがほぼ半波長に等しくなり、スロットアンテナ13からの放射効率が最大となる。

【0047】また、スロットアンテナ13が、放射用導波管12内のマイクロ波伝送方向に対してほぼ直角に配置されていることにより、効率的な電磁放射が期待できる。これは、スロットアンテナ13が、放射用導波管12内のマイクロ波伝送方向に対して所定角度を有して配置されている場合も同様である。

【0048】上記においては、放射用導波管12の幅が調節可能となっている例を例示したけれども、放射用導波管12の高さを調節可能とする構成を採用しても、同様の効果が期待できる。

【0049】また、上記においては、放射用導波管12が矩形導波管である場合を例にとったが、放射用導波管12は、任意形状のものとすることができる。その場合、スロットアンテナが配置されている近傍の各種寸法（幅や高さや、あるいは、内径、等）が、調節可能とされる。

【0050】また、放射用導波管12内の寸法が、マイクロ波伝送方向において漸次的に変化していることにより（すなわち、急激な寸法変化ではないことにより）、寸法変化部分による反射といったような寸法変化に基づく電磁損失を最小化することができる。

【0051】また、放射用導波管12の終端部にプランジャー20を設置していることにより、マイクロ波伝送条件の微調整を行うことができる。

【0052】また、形成されたプラズマ内には、電氣的に中性の活性ラジカルと、活性イオンと、が含まれている。被処理物台32に高周波交流電圧や低周波交流電圧や直流電圧を印加することによって、活性イオンだけを選択して被処理物と反応させることができる。これにより、異方性のエッチングやアッシングやデポジションが可能となる。

【0053】この場合、被処理物台32に、被処理物の温度を低温に制御するための温度制御機構が設けられていれば、中性ラジカルの反応性が一層弱まることとなり、エッチングやアッシングやデポジションの異方性が高められる。

【0054】〔第1実施形態の第2動作例〕次に、上記のように構成されたプラズマ処理装置の第2動作例について説明する。

【0055】近年、半導体および液晶等のフラットパネルディスプレイ製造分野において被処理物上に形成される回路は、高集積率化のため、微細化や薄膜化が進んでおり、また、高速・低電力動作を目的に材質も多種化してきている。被処理物上の回路が複雑化することによって、処理方法も複雑化し、複数の処理条件を連続して行うことが要求されるようになってきている。

【0056】プラズマ処理中に例えばガス種やガス圧力等といったような処理条件を変更すると、プラズマの拡散状況が変化するため、プラズマ分布特性も変化することとなる。この第2動作例は、このような状況下において好適に使用できるものである。つまり、この第2動作例においては、例えばガス種やガス圧力等といったような処理条件を急激に変更した場合であっても、直ちに被処理物近傍のプラズマ分布を均一化することができる。

【0057】この第2動作例につき、図4(a)の構成を例にとって説明する。ここでは、図4(a)の構成例において、4本のスロットアンテナ13が、図5(a)に示すように、放射用導波管12内において、ある基準位置から測って L_1 、 L_2 、 L_3 、 L_4 の位置に形成されているものとする。この場合、これらのスロットアンテナ位置は、ある第1処理条件においては、 L_1 、 L_3 からの電磁放射によって被処理物近傍における均一プラズマ分布が得られ、第1処理条件とは異なる第2処理条件においては、 L_2 、 L_4 からの電磁放射によって被処理物近傍において均一プラズマ分布が得られるように選択されているものとする。

【0058】第1処理条件においてプラズマ処理を行う場合には、可動板16どうしの間の間隔は、 L_1 、 L_3 の位置にあるスロットアンテナ13からの電磁放射がより強くなるような距離 a_1 に選択される（図5(b)参照）。

【0059】その後、急激に第2処理条件へと条件変更を行ったにしても、可動板16どうしの間の間隔を、 L_2 、 L_4 の位置にあるスロットアンテナ13からの電磁放射がより強くなるような距離 a_2 へと変更することにより、第2処理条件下においての最適処理状況へと瞬時に切り換えることができる。それぞれの場合において、弱く放射されるスロットアンテナ13からの電磁放射の影響も考慮して、条件設定を行うことが、さらに好ましい。

【0060】〔第2実施形態〕図6は、本発明のプラズマ処理装置の第2実施形態を示している。この第2実施形態においては、プラズマ生成装置40の構成が、上記第1実施形態におけるプラズマ生成装置10と相違している。この第2実施形態における放電チャンバ30の構成については、上記第1実施形態における放電チャンバ30と同一構成であるので、その説明を省略する。

【0061】図7(a)は、この第2実施形態におけるプラズマ生成装置40を概念的に示すものである。図7(a)においては、プラズマ生成装置40は、1つの導波管11に対して、2つの放射用導波管12が接続されている。

【0062】この場合、変形例として、図7(b)に示すように、プラズマ生成装置は、1つの導波管11に対して4つの放射用導波管12を接続した構成とすることもできる。もちろん、1つの導波管11に対して接続される放射用導波管12の数は、これら例示に限定されるものではなく、任意に選択可能である。

【0063】この第2実施形態における放射用導波管12の構成例が、図8(a)～図8(e)に図示されている。これら構成例は、それぞれ、図4(a)～図4(e)に対応しており、図4(a)～図4(e)に示す各放射用導波管12を鏡像関係で接続したような構成とされている。

【0064】この第2実施形態における作用効果は、上記第1実施形態における作用効果と同じである。しかしながら、この場合には、大面積にわたって均一なプラズマを得ることが容易である。

【0065】この第2実施形態においては、導波管11と各放射用導波管12との接続部分が直角であることから、この接続部分におけるマイクロ波の反射を防止し得るような公知手段を設けておくことが好ましい。

【0066】

【発明の効果】以上説明したように、本発明のプラズマ生成装置およびプラズマ処理装置によれば、スロットアンテナ分布を自由に設定したにしても、放射用導波管の

寸法をスロットアンテナ近傍において局所的に変化させることによって管内波長を局所的に変化させることができ、スロットアンテナが形成されている位置における伝搬マイクロ波の振幅強度を調節することができ、被処理物近傍において均一なプラズマ分布が得られるよう、所望の初期プラズマ分布を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 放電チャンバ内におけるプラズマ生成時点での初期プラズマ分布とウェーハ近傍におけるプラズマ分布との関係を概念的に示す図である。

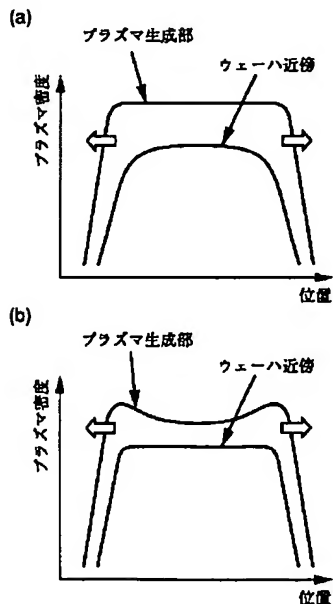
【図2】 図2(a)は矩形導波管の一例を示す図であり、図2(b)は矩形導波管内を伝搬する管内波長 λ_g の導波管幅 a に対する依存性を示すグラフである。

【図3】 本発明のプラズマ処理装置の第1実施形態を示す図である。

【図4】 図3に示す第1実施形態における放射用導波管の各構成例を示す図である。

【図5】 本発明のプラズマ処理装置の第1実施形態における第2動作例を説明するための説明図である。

【図1】



【図6】 本発明のプラズマ処理装置の第2実施形態を示す図である。

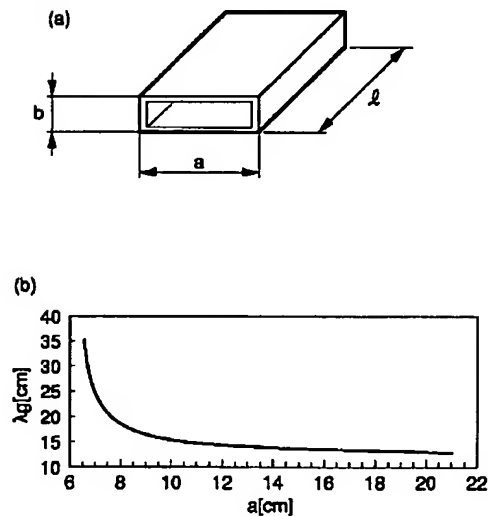
【図7】 図7(a)はプラズマ処理装置の第2実施形態におけるプラズマ生成装置を概念的に示す図であり、図7(b)はその変形例を示す概念図である。

【図8】 図6に示す第2実施形態における放射用導波管の各構成例を示す図である。

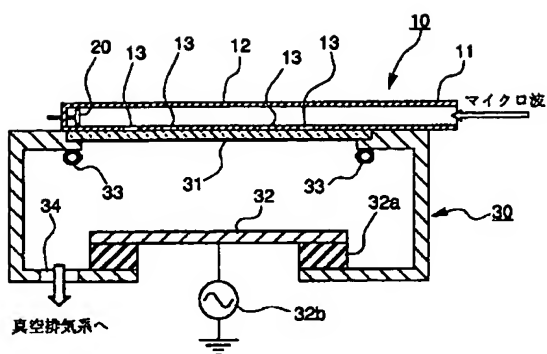
【符号の説明】

- 10 プラズマ生成装置
- 11 導波管
- 12 放射用導波管
- 13 スロットアンテナ
- 20 ブラッジャー
- 30 放電チャンバ
- 31 誘電体窓
- 32 被処理物台
- 33 ガス導入部
- 34 排気口
- 40 プラズマ生成装置

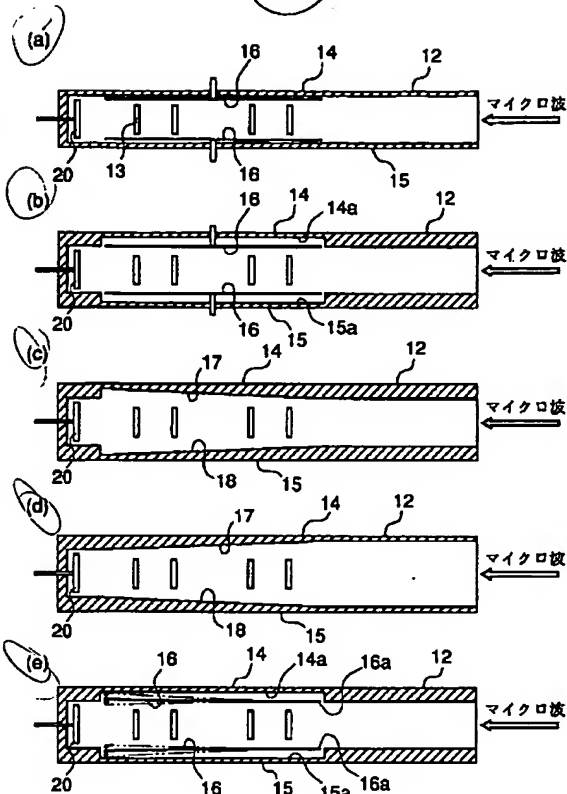
【図2】



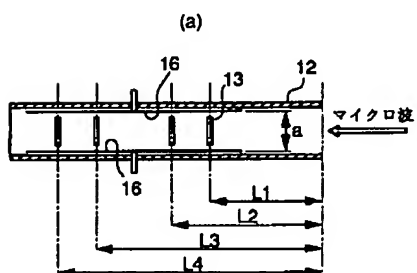
【図3】



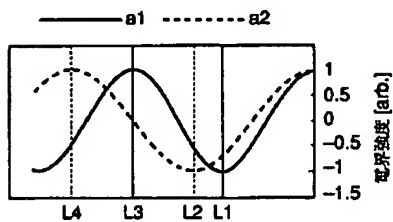
【図4】



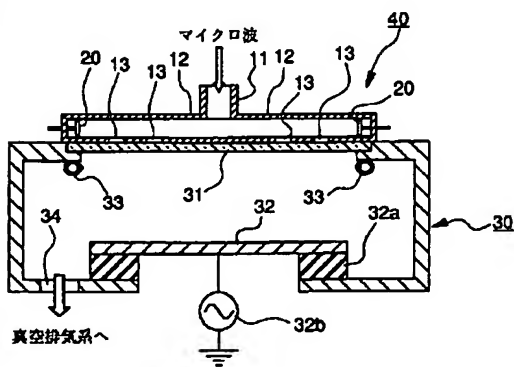
【図5】



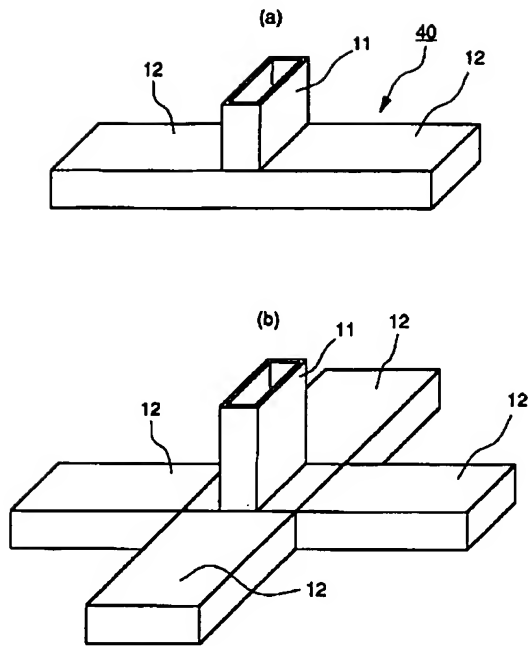
(b)



【図6】



【図7】



【図8】

